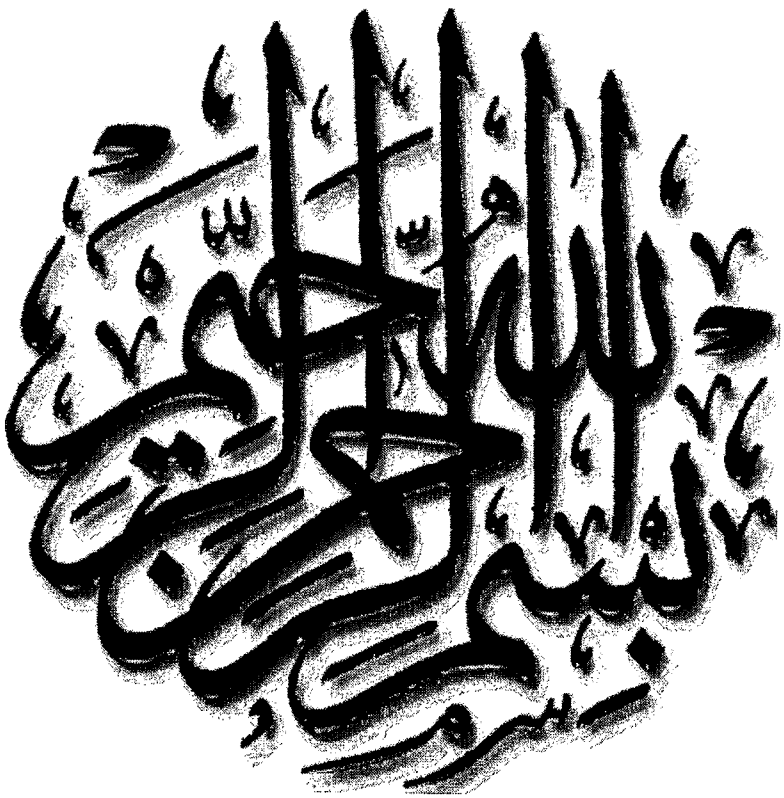

م.٧٩٨

دانشگاه صنعتی اصفهان

دانشکدهٔ عمران

ارائهٔ روابط تجربی-تحلیلی جهت بررسی اثرات یخ‌زدگی بتن معمولی و بتن با مقاومت بالا

۱۳۸۱ /۴/ ۳۰

مرکز اطلاعات و مدارک علمی ایران

پایان نامهٔ کارشناسی ارشد سازه

سید مهدی حسینیان

۴.۷۹۱

استاد راهنما

دکتر داود مستوفی نژاد

۱۳۸۰

دانشگاه صنعتی اصفهان

دانشکده مهندسی عمران

پایان نامه کارشناسی ارشد گرایش ســـازه- **آقای سید مهدی حسینیان**

تحت عنوان :

ارائهٔ روابط تجربی - تحلیلی جهت بررسی اثرات یخ‌زدگی بتن معمولی و بتن با مقاومت بالا

در تاریخ ۸۰/۸/۸ توسط کمیته تخصصی زیر مورد بررسی و تصویب نهائی قرار گرفت.

۱ ـ استاد راهنما — دکتر داود مستوفی نژاد .....

۲ ـ استاد مشاور — مهندس رضا خدادادی .....

۳ ـ ممتحن مدعو (از دانشگاه صنعتی امیرکبیر) — دکتر علی‌اکبر رمضانیان‌پور .....

۴ ـ عضو کمیته دفاع — دکتر ایرج هشیاری .....

۵ ـ سرپرست تحصیلات تکمیلی دانشکده — دکتر محمود قضاوی .....

تشکر و قدردانی

بدین وسیله از زحمات استاد راهنمای این رساله، جناب آقای دکتر داود مستوفی نژاد یاد می‌کنم و مراتب سپاس، تشکر و امتنان خود را نسبت به زحمات خالصانه و برخوردهای متواضعانهٔ آن استاد گرانقدر، در طی دورهٔ کارشناسی ارشد و بلاخص طی انجام این رساله ابراز می دارم. نظرات داهیانه، نگاه موشکافانه و راهنماییهای استادانهٔ ایشان همواره روشنایی بخش راه در طی این پایان نامه بوده است.

از استاد بزرگوارم جناب آقای مهندس رضا خدادادی کمال تشکر وامتنان را دارم. دید عمیق و کارشناسانهٔ این عزیز نسبت به دروس و مسائل، توشهٔ بسیار ارزشمندی را برای این حقیر فراهم نموده که همواره در زندگی علمی خود به کار خواهم بست.

کلیه حقوق مادی مترتب بر نتایج
مطالعات، ابتکارات و نوآوریهای ناشی از
تحقیق موضوع این پایان‌نامه متعلق به
دانشگاه صنعتی اصفهان است

تقدیم به پدر بزرگوارم که تبلور همت و پایداری می‌باشد.

تقدیم به مادر عزیزم که سمبل مهر و از خود گذشتگی می‌باشد.

تقدیم به دو برادر عزیز و بزرگوارم آقایان اکبر و رضا حسینیان

تقدیم به دو خواهر مهربان و عزیزم خانمها مریم و زهرا حسینیان

فهرست مطالب

عنوان	صفحه
فهرست مطالب	شش
چکیده	۱
فصل اوّل: مروری بر پیشینهٔ موضوع و تعریف مسئله	
۱-۱- مقدمه	۲
۱-۲- بررسی منابع و تاریخچه موضوع	٤
۱-۳- هدف	۲٤
۱-٤- روش انجام تحقیق	۲۵
فصل دوم: بررسی وشناخت فرایند یخزدن و آب شدن بتن	
۲-۱- مقدمه	۳۰
۲-۲- شرایط محیطی سازه‌ها	۳۱
۲-۳- مکانیزمهای تخریب بتن در برابر یخزدن و آب شدن‌های متوالی.	۳۳
۲-۳-۱- تخریب خمیر سیمان	۳۳
۲-۳-۲- اثر سنگدانه‌ها	۳۸
فصل سوم: مروری بر طرح اختلاط و روش ساخت بتن معمولی و بتن با مقاومت بالا	
۳-۱- مقدمه	٤۲
۳-۲- انتخاب اسلامپ	٤۳
۳-۳- انتخاب بعد حداکثر سنگدانه‌ها	٤٤
۳-٤- تعیین میزان آب لازم	٤٤
۳-۵- تعیین نسبت آب به سیمان یا مواد سیمانی	٤۵
۳-٦- تعیین مقدار مواد سیمانی و تفکیک سیمان و میکروسیلیس از یکدیگر	٤٦
۳-۷- تخمین مقدار درشت دانه	٤٦

عنوان	صفحه
۳-۸- تعیین مقدار فوق روان کننده	٤٧
۳-۹- تعیین مقدار ریزدانه	٤٨
۳-۱۰- تصحیح به جهت رطوبت دانه‌ها	٤٨
۳-۱۱- ساخت نمونهٔ آزمایشی و انجام تصحیحات لازم	٤٩
۳-۱۲- روش اختلاط	٤٩
فصل چهارم: انتخاب مصالح و طرح اختلاط	
٤-۱- مقدمه	٥١
٤-۲- انتخاب درشت دانه	٥١
٤-۳- انتخاب ریز دانه	٥٥
٤-٤- انتخاب سیمان	٥٧
٤-٥- انتخاب میکروسیلیس	٥٧
٤-٦- انتخاب آب اختلاط	٦٠
٤-۷- انتخاب فوق روان کننده یا مادهٔ کاهش دهندهٔ آب مصرفی به میزان زیاد	٦١
٤-۸- طرح اختلاط بتن	٦٢
٤-۸-۱- طرح اختلاط بتن با مقاومت بالا با درشت دانهٔ آهکی	٦٢
٤-۸-۲- طرح اختلاط بتن با مقاومت بالا با استفاده از درشت دانهٔ کوارتزیتی	٦٧
٤-۸-۳- طرح اختلاط بتن معمولی با درشت دانهٔ آهکی	٦٩
فصل پنجم: آماده سازی نمونه‌ها و انجام آزمایش	
٥-۱- ساخت بتن و تعیین اسلامپ و میزان هوا	۷۷
٥-۲- ساخت و قالب گیری نمونه‌ها و آماده سازی آنها	۷۸
٥-۳- ارائهٔ نتایج اولیه	۷۹
فصل ششم: بررسی کیفی و کمی دوام بتن با مقاومت بالا در برابر یخبندان	
٦-۱- مقدمه	۹۱
٦-۲- مقاومت فشاری بتن در معرض سیکلهای یخبندان	۹۱
٦-۲-۱- تأثیر تعداد سیکلهای یخزدن و آب شدن بر مقاومت فشاری بتن	۹۲
٦-۲-۲- تأثیر نسبت آب به مواد سیمانی بر مقاومت فشاری بتن در معرض یخبندان	۹٤

عنوان	صفحه

٦-٢-٣- تأثیر نوع درشت دانه بر مقاومت فشاری بتن در معرض یخبندان ٩٤
٦-٢-٤- تأثیر درصد میکروسیلیس جایگزینی بر مقاومت فشاری بتن در معرض یخبندان ٩٥
٦-٢-٥- تخمین مقاومت فشاری بتن با مقاومت بالا در حین یخبندان ١٠٤
٦-٣- تغییر طول نمونه‌های بتنی در معرض یخبندان ١٠٦
٦-٣-١- تأثیر تعداد سیکلهای یخزدن و آب شدن متناوب بر تغییر طول بتن در معرض یخبندان ١٠٨
٦-٣-٢- تأثیر نسبت آب به مواد سیمانی بر تغییر طول نمونه‌های بتنی در معرض یخبندان ١٠٩
٦-٣-٣- تأثیر نوع درشت دانه بر تغییر طول نمونه‌های بتن در معرض یخبندان ١٠٩
٦-٣-٤- تأثیر درصد میکروسیلیس جایگزینی بر تغییر طول نمونه‌های بتنی در معرض یخبندان ١١٠
٦-٣-٥- تخمین میزان تغییر طول نمونه‌های بتنی با مقاومت بالا در معرض یخبندان ١١٥
٦-٤-کاهش وزن نمونه‌های بتنی در حین یخبندان ١١٧
٦-٤-١- تأثیر تعداد سیکلهای یخزدن و آب شدن متناوب بر کاهش وزن بتن در معرض یخبندان ١١٧
٦-٤-٢- تأثیر نسبت آب به مواد سیمانی بر کاهش وزن نمونه‌های بتنی در معرض یخبندان ١١٩
٦-٤-٣- تأثیر نوع درشت دانه بر کاهش وزن نمونه‌های بتنی در معرض یخبندان ١٢٠
٦-٤-٤- تأثیر درصد میکروسیلیس جایگزینی بر کاهش وزن نمونه‌های بتنی در معرض یخبندان ١٢٣
٦-٤-٥- تخمین میزان کاهش وزن نمونه‌های بتنی با مقاومت بالا در معرض یخبندان ١٣١
٦-٥- درصد جذب آب بتن در معرض یخبندان ١٣٢
٦-٥-١- تأثیر تعداد سیکلهای یخزدن و آب شدن متناوب بر جذب آب بتن در معرض سیکل‌های یخبندان ١٣٢
٦-٥-٢- تأثیر نسبت آب به مواد سیمانی بر میزان جذب آب نمونه‌های بتنی در حین یخبندان ١٣٣
٦-٥-٣- تأثیر نوع درشت دانه بر جذب آب بتن در حین یخبندان ١٣٥
٦-٥-٤- تأثیر درصد میکروسیلیس جایگزینی بر میزان جذب آب نمونه‌های بتنی در حین یخبندان ١٣٦
٦-٥-٥- تخمین میزان جذب آب نمونه‌های بتنی با مقاومت بالا در حین یخبندان ١٤١
٦-٦- خلاصهٔ مطالب این فصل ١٤٣

فصل هفتم: بررسی کیفی و کمی دوام بتن معمولی در برابر یخبندان

٧-١- مقدمه ١٤٥
٧-٢- مقاومت فشاری بتن در معرض یخبندان ١٤٥
٧-٢-١- تأثیر تعداد سیکلهای یخزدن و آب شدن بر مقاومت فشاری بتن در حین یخبندان ١٤٧
٧-٢-٢- تأثیر نسبت آب به سیمان بر مقاومت فشاری بتن در معرض یخبندان ١٤٨
٧-٢-٣- تأثیر درصد هوای بتن تازه بر مقاومت فشاری بتن در حین یخبندان ١٥١

عنوان	صفحه
۷-۲-٤- تخمین مقاومت فشاری بتن معمولی در حین یخبندان	۱۵۱
۷-۳- تغییر طول نمونه‌های بتنی در معرض یخبندان	۱۵۵
۷-۳-۱- تأثیر تعداد سیکلهای یخزدن و آب شدن متناوب بر تغییر طول بتن در حین یخبندان	۱۵٦
۷-۳-۲- تأثیر نسبت آب به سیمان بر تغییر طول نمونه‌های بتنی در معرض یخبندان	۱۵٦
۷-۳-۳- تأثیر درصد هوای بتن تازه بر میزان تغییر طول نمونه‌های بتنی در حین یخبندان	۱۵۸
۷-۳-٤- تخمین میزان تغییر طول نمونه‌های بتنی در معرض یخبندان	۱۵۸
۷-٤- کاهش وزن نمونه‌های بتنی در معرض یخبندان	۱٦۰
۷-٤-۱- تأثیر تعداد سیکلهای یخزدن و آب شدن متناوب بر کاهش وزن بتن در معرض یخبندان	۱٦۱
۷-٤-۲- تأثیر نسبت آب به سیمان بر کاهش وزن نمونه‌های بتنی در معرض یخبندان	۱٦۲
۷-٤-۳- تأثیر درصد هوای بتن بر میزان کاهش وزن نمونه‌های بتنی در معرض یخبندان	۱٦٦
۷-٤-٤- تخمین میزان کاهش وزن نمونه‌های بتنی در معرض یخبندان	۱٦٦
۷-۵- درصد جذب آب بتن در معرض یخبندان	۱٦۹
۷-۵-۱- تأثیر تعداد سیکلهای یخزدن و آب شدن متناوب بر جذب آب بتن در معرض یخبندان	۱٦۹
۷-۵-۲- تأثیر نسبت آب به سیمان بر جذب آب نمونه‌های بتنی در معرض یخبندان	۱۷۰
۷-۵-۳- تأثیر درصد هوای بتن بر میزان جذب آب نمونه‌های بتنی در معرض یخبندان	۱۷۳
۷-۵-٤- تخمین میزان جذب آب نمونه‌های بتنی در حین یخبندان	۱۷۳
۷-٦- خلاصهٔ مطالب این فصل	۱۷۵
فصل هشتم: خلاصه، نتیجه‌گیری و پیشنهادات	
۸-۱- خلاصه	۱۷۷
۸-۲- نتایج	۱۷۸
۸-۳- پیشنهادات	۱۷۹
منابع	۱۸۲
چکیده انگلیسی	

مرکز اطلاعات و مدارک علمی ایران
پژوهشگاه مواد و انرژی

چکیده

شکی نیست تخریب سازه‌های بتنی بر اثر سیکلهای یخزدن و آب شدن، یکی از مسائل اساسی صنعت بتن سازی در مناطق سردسیر محسوب می‌گردد. تخریب بتن در این مناطق این پرسش را مطرح می‌سازد که آیا کاربرد بتن به عنوان یک مادهٔ ساختمانی در مناطق سردسیر مفید می‌باشد یا خیر. پارامترهای زیادی بر دوام بتن معمولی و بتن با مقاومت بالا در مقابل یخبندان نقش دارند که برخی شناخته شده و برخی هنوز ناشناخته باقی مانده‌اند؛ پاره‌ای تحت کنترل بوده و پاره‌ای دیگر خارج از کنترل می‌باشند. از جمله عوامل شناخته شده و تحت کنترل، می‌توان به مواردی از قبیل مقدار آب مصرفی، مقدار مواد سیمانی، نسبت آب به مواد سیمانی، حجم و نوع درشت دانهٔ مصرفی، شرایط عمل آوری، میزان هوای بتن، تعداد سیکلهای یخزدن و آب شدن، و ...اشاره نمود.

هدف از این تحقیق، بررسی امکان دستیابی به مدل‌های تجربی – ریاضی جهت تبیین اثرات یخ زدگی بر بتن معمولی و بتن با مقاومت بالا می‌باشد. در تحقیق حاضر مناسب دیده شد که نقش مشخصات دو جزء درشت دانه و ملات را بر دوام بتن با مقاومت بالا در برابر یخبندان، همچنین اثر هوادمی بر بتن و نقش ملات را بر دوام بتن معمولی در برابر یخبندان مورد بررسی قرار دهیم. در این راستا نقش مقاومت فشاری درشت دانه (آهکی و کوارتزیتی)، مقادیر مختلف میکروسیلیس جایگزینی (۰، ۵، ۱۰ و ۱۵ درصد)، و نسبت آب به مواد سیمانی (۰/۲۵،۰/۳ و ۰/٤) در کنار تعداد سیکلهای ذوب و انجماد روی دوام بتن با مقاومت بالا در برابر یخبندان مورد بررسی قرار گرفت. همچنین به بررسی نقش مقادیر مختلف نسبت آب به سیمان (۰/۵، ۰/٦، ۰/۷ و ۰/۸) و میزان هوا (۳، ٤/۵، ٦ و ۷/۵ درصد) در کنار تعداد سیکلهای یخزدن و آب شدن روی دوام بتن معمولی در برابر یخبندان همت گماشته شد. در مجموع ۲۸۸ نمونهٔ بتن معمولی و ٤۳۲ نمونهٔ بتن با مقاومت بالا ساخته و تحت آزمایش ذوب و انجماد بر اساس استاندارد ASTM C666B قرار گرفتند. در نهایت با رگرسیون در اطلاعات تجربی، روابطی جهت سنجش دوام بتن معمولی و بتن با مقاومت بالا در برابر یخبندان ارائه گردید.

فصل اول
مروری بر پیشینهٔ موضوع و تعریف مسئله

۱-۱- مقدمه

بتن به عنوان یک مادهٔ ساختمانی، نزدیک به دو قرن است که در صنعت ساختمان به کار می‌رود. علیرغم این قدمت کاربرد، تا قبل از چند دههٔ اخیر، دوام بتن مورد توجه طراحان و سازندگان بتن نبوده است. خرابیهای زودرس به خصوص در ساختمانهای بتنی که در محیط‌های مخرب ساخته می‌شوند، نظیر ساختمانهای دریایی، نگرانی وسیعی را در اذهان طراحان بتن به وجود آورده است. لذا کاربرد بتن و بتن مسلح به عنوان مصالح ساختمانی با دوام در سازه‌ها اعم از ساختمانهای مسکونی و بناهای بزرگ صنعتی، جاده‌ها، پلها، اسکله‌ها و غیره، شناخت خواص بتن و تکنولوژی و کاربرد صحیح آن را برای تامین عمرمفید طراحی شده، ضروری می‌سازد. منظور از عمر مفید مصالح ساختمانی یا اجزاء ساختمانی و یا یک ساختمان، مدت زمانی است که طی آن، بنا و یا مصالح مورداستفاده، خواص اصلی خود را برای برآوردن نیازهای تعیین شده برحسب شرایط استفاده حفظ نمایند [۱]. بتن نیز به عنوان یکی از مصالح ساختمانی و اجزاء تشکیل دهندهٔ یک سازه، دارای عمر مفید مشخص و تعیین شده‌ای می‌باشد. در حالی که سازه‌هایی همچون سدها و نیروگاههای آبی، پلها، تونلها، موج شکنها، اسکله‌ها و دیگرسازه‌های بتنی یا بتن مسلح با وجود

قرارداشتن در شرایط محیطی ویژه باید سالها عمرکنند، اما مواردی دیده شده که بتن برخلاف انتظار عملکرد خوبی نداشته و خیلی زودتر از عمر پیش‌بینی شده، آسیب دیده یا بکلی خراب شده است [۱].

امروزه خرابیهای بتن نظر اکثر کارشناسان بتن را به خود معطوف داشته‌است. هزینهٔ مرمت پاره‌ای از این خرابیها حتی بالاتر از هزینه ساخت سازه برآورد شده است [۲]؛ لذا عمر مفید بتن در زمان طرح و ساخت سازه باید بررسی و موردتضمین قرارگیرد. پیش‌بینی عمر مفید بتن و طرح سازه‌های بتنی و بتنی مسلح برای عمر معین، فقط با بررسی روند پیچیدهٔ واکنشهای این مادهٔ ساختمانی و عوامل محیطی قابل انجام است. برای تهیهٔ بتنی که در برابر حملات مهاجم محیط مقاوم باشد، درک مکانیزمهای عناصرمهاجم در محیط سازه، لازم و ضروری است. با درک کامل روند شیمیایی و فیزیکی که در تخریب بتن دخالت دارد، می‌توان روشهای حفاظتی مناسب را در قالب ضوابط پیشنهادی ارائه نمود. لذا تشریح واکنشهای متقابل بتن و بتن مسلح با محیط خارجی موضوع اصلی بحث دوام بتن می‌باشد [۲].

با گذشت زمان و قرارگیری در آغاز قرن و هزارهٔ جدید، نحوهٔ نگرش به مسائل مختلف در امور مهندسی سازه دچار تغییرات مختلفی شده است. باتوجه به پیشرفتهای عمده‌ای که درروشهای تحلیل و طراحی سازه‌ها به وجودآمده، لزوم حفظ پایایی و بررسی دوام در طول عمر مورد نظر طراح از مسائل جدید و در عین‌حال پیچیده می‌باشد. از اینرو اخیرا توجه به طراحی همزمان سازه و دوام از یک سو و همچنین افزایش عمر مفید سازه از سوی دیگر، از مهمترین مسائل مطرح شده بوده و به همین دلیل باب جدیدی در مهندسی سازه باز شده است [۳].

یخ زدن و آب شدن‌های متوالی یکی از دلایل عمدهٔ خرابی‌های بتن می‌باشد. این نوع خرابی در مناطق سرد سیر ایران بخصوص در مناطق غربی و شمال غربی بسیار رایج است. در این رابطه به منظور اعمال ضوابط فنی و رعایت اصول طراحی دوام سازه‌های بتنی، نیاز مبرمی به مدلهای ساده و کارا احساس می‌شود. از آنجایی که ابداع چنین روشهایی به تازگی مورد توجه قرار گرفته‌اند، در این رساله سعی می‌شود تاثیر یخ زدن و آب شدن متناوب بر بتن، مورد بررسی و مدلسازی قرارگیرد.

تا کنون اطلاعات کم (و حتی متضاد) در خصوص یخ زدن و آب شدن بتن‌های با مقاومت بالا ارائه شده است. فیلئو[1] در سال ۱۹۸٦ نتایج عالی برای دوام بتن‌های با مقاومت بالا با نسبت آب به سیمان ۰/۲۵ تا ۰/۳۵ با یا بدون حباب هوا منتشر کرده است. او نتایج بدست آمده را ناشی از کاهش شدید آب قابل یخ زدن و همچنین بالا بودن مقاومت کششی در بتن‌های با مقاومت بالا دانسته است [٤]. در حالیکه وایتینگ[2] در سال

---

[1] Philleo
[2] Whiting

۱۹۸۷ نتایج معکوسی در خصوص ضعف بتن‌های با مقاومت بالا در مقابل سیکلهای متناوب یخ زدن و آب شدن منتشر نموده است [٤]. به هرحال از آنجایی که مصرف مواد حباب‌زا باعث کاهش مقاومت بتن می‌گردد، و از طرفی دوام بتن‌های با مقاومت بالا در برابر سیکلهای متناوب یخ زدن و آب شدن نیز اهمیت ویژه‌ای دارد، بر آن شدیم که علاوه بر دوام بتن معمولی با و یا بدون حباب‌های هوای عمدی، دوام بتن با مقاومت بالا را نیز در برابر سیکلهای متناوب یخ زدن و آب شدن بررسی کنیم.

آب موجود در بتن که محلولی از نمکهای گوناگون می‌باشد، در دمایی پایین‌تر از صفر درجهٔ سانتیگراد یخ می‌زند. به علاوه، هر قدر اندازهٔ حفره‌های پر از آب موجود در بتن کوچکتر باشد، دمایی که در آن آب یخ می‌زند، پایین‌تر خواهد آمد. حفره‌های بتن، دارای ابعاد بزرگ تا خیلی کوچک می‌باشند؛ بنابراین برای آب محبوس شده در آنها، نقطهٔ انجماد یکسانی وجود نخواهد داشت. از طرفی حفره‌های ژل آنقدر کوچکند که امکان یخ زدن آب در آنها بسیار کم است؛ بنابراین قسمت بیشتر یخبندان در حفره‌های مویینه رخ خواهد داد [۱].

هنگامی که آب یخ می‌زند، افزایش حجمی در حدود ۹ درصد در آن به وجود می‌آید. هنگامی که دمای بتن پایین می‌آید، یخبندان به تدریج به گونه‌ای رخ می‌دهد که آبی که هنوز در حفره‌های مویینه یخ نزده است، بر اثر افزایش حجم یخ، در معرض فشار هیدرولیکی قرار می‌گیرد. اگر این فشار آزاد نشود، ممکن است باعث ایجاد تنشهای کششی داخلی شود. این امر سبب ایجاد گسیختگی‌های موضعی در بتن می‌گردد. در هنگام آب شدن، انبساطی که توسط یخ ایجاد شده، باقی می‌ماند؛ به طوری که در جذب آب بعدی فضای بیشتری در بتن وجود خواهد داشت. در نتیجه در یخبندان بعدی انبساط بیشتری رخ خواهد داد. بنابراین تناوب‌های یخ زدن و آب شدن، اثر تجمعی دارند و می‌توان تشابهی بین این عمل و گسیختگی ناشی از خستگی تصور نمود [٥]. این عمل عمدتا در خمیر سیمان اتفاق می‌افتد و منافذ بزرگتر بتن که در اثر تراکم ناقص بوجود می‌آیند، معمولا پر از هوا بوده و به میزان قابل ملاحظه‌ای در معرض عمل یخ زدن واقع نمی‌شوند [٥].

دو فرایند وجود دارند که به نظر می‌رسد در افزایش فشار هیدرولیکی آب یخ‌نزده در حفره‌های مویینه شرکت دارند. در فرایند اول، به دلیل عدم وجود تعادل ترمودینامیکی بین آب ژل و یخ، انتشار آب ژل به طرف حفره‌های مویینه باعث رشد یخ می‌شود و در نتیجه فشار هیدرولیکی افزایش می‌یابد. در فرایند دوم با افزایش موضعی غلظت محلول بر اثر جداشدن آب خالص یخ‌زده، فشار اسمزی و در نتیجه افزایش فشار

هیدرولیکی ایجاد می‌شود. از سوی دیگر، حضور حبابهای هوا و حفره‌های مویینه خالی با هدایت جریان آب به داخل خود، مقداری از فشار ناشی از تشکیل یخ را مستهلک می‌سازند [۱].

میزان خرابی ناشی از تناوب‌های یخ‌زدن و آب شدن، از پوسته شدن سطحی تا تجزیه کامل بتن تغییر می‌کند. این خرابیها از سطوح خارجی بتن آغاز می‌شوند و به عمق آن گسترش می‌یابند [۱]. جداول حاشیهٔ خیابانها که مدتهای طولانی مرطوب باقی می‌مانند، از هر بتن دیگر در برابر یخبندان آسیب پذیرتر می‌باشند.

کفایت مقاومت بتن در برابر یخبندان را می‌توان با آزمایشهای یخ‌زدن و آب شدن تعیین نمود. دو روش توسط استاندارد ASTM C 666 توصیه شده است. در هر دوی این روشها یخ زدن سریع اعمال می‌شود، اما در یک روش یخ‌زدن و آب شدن در آب و در روش دیگر یخ‌زدن در هوا و آب شدن در آب انجام می‌گیرد. حالت یخ زدن نمونه‌های اشباع شده در آب چندین برابر شدیدتر از حالت یخ زدن آنها در هوا می‌باشد [٦].

خسارات ناشی از یخ زدگی بتن را می‌توان از چند طریق بررسی کرد که متداولترین روش، اندازه‌گیری تغییرات مدول الاستیسیتهٔ دینامیکی نمونه می‌باشد. این مدول نمایانگر تغییرات تقریبا خالص الاستیک در بتن می‌باشد و تحت تاثیر خزش واقع نمی‌گردد [٦]. کاهش در این مدول پس از تعداد سیکلهای یخ زدن و آب شدن، نمایانگر صدمه دیدن بتن می‌باشد. با این روش می‌توان قبل از اینکه خسارات وارد بر بتن بوسیلهٔ چشم و یا هر روش دیگر مشاهده شود، به وجود آن پی‌برد؛ لیکن دربارهٔ علت کاهش مدول پس از چند سیکل اولیهٔ یخ زدن و آب شدن، تردید وجود دارد [٦].

در روشهای ASTM، دوام بتن در برابر سیکلهای متناوب یخ زدن و آب شدن را بوسیلهٔ ضریب دوام ارزشیابی می‌کنند که از رابطهٔ زیر بدست می‌آید.

ضریب دوام= ۳۰۰ / (تعداد سیکلها در انتهای آزمایش) × (در صدی از مدول اولیه)

هیچ‌گونه معیار تایید شده‌ای برای رد یا قبولی بتن، بر مبنای ضریب دوام، وجود ندارد؛ لذا ارزش آن اساسا در مقایسهٔ بتن‌های مختلف، ترجیحا در مواردی که فقط یک متغیر (مثلا سنگدانه) تغییر می‌کند، است. از جمله روشهای دیگر برای بررسی اثرات یخ زدگی بر بتن، سنجش افت در مقاومت فشاری یا خمشی یا بررسی تغییر طول و یا وزن نمونه می‌باشد [٦].

۱-۲- بررسی منابع و تاریخچهٔ موضوع

افزایش نیاز به تولید بتن با کیفیت خوب و دوام بهتر، تولید بتن‌های با مقاومت و عملکرد بالا را مد نظر قرارداد و بسیاری از کشورها تولید این نوع بتن را در برنامه‌های مشترکشان با سایر کشورها قرار داده‌اند [۷].